

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **2001-160973**
 (43)Date of publication of application : **12.06.2001**

(51)Int.CI. **H04N 9/07**
H01L 27/148
H04N 5/225
H04N 5/335

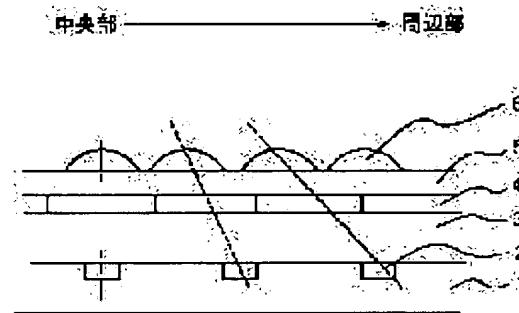
(21)Application number : **11-343029** (71)Applicant : **NIKON CORP**
 (22)Date of filing : **02.12.1999** (72)Inventor : **SUZUKI SATOSHI**
OKOCHI NAOKI

(54) SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE AND ELECTRONIC CAMERA

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solid-state image pickup device, that is reduced in color shading and/or has superior shading effect and to provide an electronic camera that has the solid-state image pickup element and is reduced in the shading.

SOLUTION: This solid-state image pickup device has a color filter, that is offset to a light receiving section in a center direction of an effective pixel section and/or an opening for a shielding film. Furthermore, the solid-state image pickup device is provided with a microlens, which is preferably offset to the light-receiving section similarly. Moreover, this electronic camera is mounted with the solid-state image pickup device having the microlens, the color filter and the opening for the shielding film that is placed at a proper shift calculated, on the basis of an emission angle defined by an image height and an emission pupil distance and the thickness of the film from the microlens up to the light-receiving section.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-160973

(P2001-160973A)

(43) 公開日 平成13年6月12日 (2001.6.12)

(51) Int.Cl'	識別記号	F I	ラーマーク*(参考)
H 04 N 9/07		H 04 N 9/07	D 4 M 1 1 8 A 5 C 0 2 2
H 01 L 27/143		5/225	D 5 C 0 2 4
H 04 N 5/225		5/336	V 5 C 0 6 5
5/335		H 01 L 27/14	B
			審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全13頁)

(21) 出願番号	特願平11-343029	(71) 出願人	0000041112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22) 出願日	平成11年12月2日 (1999.12.2)	(72) 発明者	鈴木 哲 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
		(72) 発明者	大河内 達紀 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

最終頁に続く

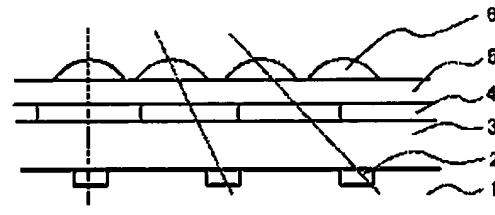
(54) 【発明の名称】 固体撮像素子及び電子カメラ

(57) 【要約】

【課題】 色シーディングが低減された固体撮像素子、または／および、シーディング効果のより優れた固体撮像素子を提供する。また、この固体撮像素子を有し、シーディングが低減された電子カメラを提供する。

【解決手段】 本発明の固体撮像素子は、受光部に対して有効画素部の中央方向にされたカラーフィルタ、または／および、遮光膜の開口部を有する。マイクロレンズを更に配置させ、マイクロレンズも受光部に対して同様にずらすのがより好ましい。また、本発明の電子カメラは、像高、射出距離により定義された出射角と、マイクロレンズから受光部までの膜の厚さによって算出した適正なズラし量でてもって配置されるマイクロレンズ、カラーフィルタ、遮光膜の開口部を有する固体撮像素子が搭載されている。

中央部 → 周辺部



(2)

特開2001-160973

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】受光部と該受光部に対応するようにオンチップ状に配置されたカラーフィルタとを有し光信号を出力する有効画素がマトリクス状に複数配置された有効画素部を設け、

前記有効画素部の周辺部に配置された前記カラーフィルタは、前記受光部に対して前記有効画素部の中央方向にずれており、

前記カラーフィルタと前記受光部とのずれ量は、前記有効画素部の中央から周辺に向かって追従的に又は階段状に増大することを特徴とする固体撮像素子。

【請求項2】前記有効画素は、前記有効画素部の中央から周辺に向かって同心状に複数のブロックにグループ分けされ、

前記カラーフィルタと前記受光部とのずれ量は、各々のブロック内で同一であり、且つ、中央から周辺に向かって、増大することを特徴とする請求項1に記載された固体撮像素子。

【請求項3】請求項1又は請求項2のいずれかに記載された固体撮像素子において、

前記画素には前記受光部に対応するようにマイクロレンズがオンチップ状に配置されることを特徴とする固体撮像素子。

【請求項4】受光部と該受光部に対応するようにオンチップ状に配置されたカラーフィルタとを有し光信号を出力する有効画素がマトリクス状に複数配置された有効画素部を設け、

前記有効画素部の周辺部に配置された前記カラーフィルタは、前記受光部に対して中央方向にずれており、

前記受光部及び前記カラーフィルタは、それぞれ一定のピッチで配置され、

前記受光部のピッチは、前記カラーフィルタのピッチよりも大きいことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項5】請求項4に記載された固体撮像素子において、

前記画素には前記受光部に対応するようにマイクロレンズがオンチップ状に一定のピッチで配置され、前記カラーフィルタのピッチは、前記マイクロレンズのピッチよりも大きいことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項6】前記カラーフィルタが前記受光部に対してずれている画素において当該画素に配置された前記受光部の中心位置と前記カラーフィルタの中心位置とのずれをS_{OF}とし、前記受光部の中心位置と前記マイクロレンズの中心位置とのずれをS_mとし、

前記受光部から前記マイクロレンズが設けられる膜までの全膜厚をd₁とし、前記受光部から前記カラーフィルタまでの膜厚をd₂として、

$$0.7 \times (d_1/d_2) \leq S_m/S_{OF} \leq 1.3 \times (d_1/d_2)$$

を満足することを特徴とする請求項3または請求項5の

いずれかに記載の固体撮像素子。

【請求項7】受光部と該受光部に対応するように開口部が設けられた遮光膜とを有し光信号を出力する有効画素がマトリクス状に複数配置された有効画素部を設け、前記有効画素部の周辺部に配置された前記開口部は、前記受光部に対して前記有効画素部の中央方向にずれており、

前記開口部と前記受光部とのずれ量は、前記有効画素部の中央から周辺に向かって追従的に又は階段状に増大することを特徴とする固体撮像素子。

【請求項8】前記有効画素は、前記有効画素部の中央から周辺に向かって同心状に複数のブロックにグループ分けされ、

前記開口部と前記受光部とのずれ量は、各々のブロック内で同一であり、且つ、中央から周辺に向かって、増大することを特徴とする請求項7に記載された固体撮像素子。

【請求項9】請求項7又は請求項8のいずれかに記載された固体撮像素子において、

前記画素には前記受光部に対応するようにマイクロレンズがオンチップ状に配置されることを特徴とする固体撮像素子。

【請求項10】受光部と該受光部に対応するように開口部が設けられた遮光膜とを有し光信号を出力する有効画素がマトリクス状に複数配置された有効画素部を設け、前記有効画素部の周辺部に配置された前記開口部は、前記受光部に対して中央方向にずれており、前記受光部及び前記開口部は、それぞれ一定のピッチで配置され、

前記受光部のピッチは、前記開口部のピッチより大きいことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項11】請求項10に記載された固体撮像素子において、

前記画素には前記受光部に対応するようにマイクロレンズがオンチップ状に一定のピッチで配置され、前記開口部のピッチは、前記マイクロレンズのピッチより大きいことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項12】前記開口部が前記受光部に対してずれている画素において当該画素に配置された前記受光部の中心位置と前記開口部の中心位置とのずれをS_{OPEN}とし、

前記受光部の中心位置と前記マイクロレンズの中心位置とのずれをS_mとし、

前記受光部から前記マイクロレンズが設けられる膜までの全膜厚をd₁とし、前記受光部から前記開口部までの膜厚をd₃として、

$$0.7 \times (d_1/d_3) \leq S_m/S_{OPEN} \leq 1.3 \times (d_1/d_3)$$

を満足することを特徴とする請求項9または請求項11のいずれかに記載の固体撮像素子。

【請求項13】請求項1から請求項3のいずれかに記載

(3)

特開2001-160973

4

の固体撮像素子において。

前記有効画素は、さらに前記受光部に対応するように開口部が設けられた遮光膜を有し、前記有効画素部の周辺部に配置された前記開口部は、前記受光部に対して前記有効画素部の中央方向にずれており。

前記開口部と前記受光部とのずれ量は、前記有効画素部の中央から周辺に向かって連続的に又は階段状に増大することを特徴とする固体撮像素子。

【請求項14】請求項4または請求項1のいずれかに記載の固体撮像素子において。

前記有効画素は、さらに前記受光部に対応するように開口部が設けられた遮光膜を有し、前記有効画素部の周辺部に配置された前記開口部は、前記受光部に対して前記有効画素部の中央方向にずれており。

前記開口部は、前記受光部のピッチより小さく、前記カラーフィルタのピッチより大きい一定のピッチで配置されることを特徴とする固体撮像素子。

【請求項15】請求項14に記載された固体撮像素子と、絞りを有する光学系が少なくとも配置された電子カメラにおいて。

前記受光部の中心位置と前記マイクロレンズの中心位置とのずれをSmとし、前記受光部の中心位置と前記カラーフィルタの中心位置とのずれをSOCFとし、前記受光部の中心位置と前記開口部の中心位置とのずれをSOPNとし。

前記受光部から前記マイクロレンズが設けられるまでに全膜厚をd1とし、前記受光部から前記カラーフィルタまでの膜厚をd2とし、前記受光部から前記開口部までの膜厚をd3とし。

前記各膜厚は、 $SOPN < SOCFO < Sm$ の関係を有し、前記マイクロレンズの下に配置される膜の屈折率をnとし。

前記光学系の射出距離を1とし、前記固体撮像素子の当該画素における像高をpとして、

$0.7 \times d1 \times \tan\theta \leq Sm \leq 1.3 \times d1 \times \tan\theta$ または $0.7 \times d2 \times \tan\theta \leq SOCFO \leq 1.3 \times d2 \times \tan\theta$ または $0.7 \times d3 \times \tan\theta \leq SOPN \leq 1.3 \times d3 \times \tan\theta$ の少なくともいづれか一つの式を満足し、且つ、

$\sin\theta = p / [n \times (p^2 + 1^2)^{1/2}]$ を満足することを特徴とする電子カメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、シェーディング量が低減された固体撮像素子及びにシェーディング量が低減された固体撮像素子を用いた電子カメラに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ビデオカメラや電子カメラが広く一般に普及している。これらのカメラには、CCD型や

MOS型の固体撮像素子が使用されている。このような固体撮像素子は受光部を有する画素がマトリクス状に複数配設され、各画素に入射した光は、受光部にて光電変換され信号電荷を生成する。生成された信号電荷は、CCDや信号線を介して外部に出力される。

【0003】図11は、従来のCCD型固体撮像素子の平面図である。固体撮像素子は、受光部32を有する画素30と、受光部32で生成された信号電荷を転送する垂直CCD40及び水平CCD41と、出力アンプ42を有する。固体撮像素子には、受光部32に入射した光によって光電変換された信号電荷を出力する有効画素の他に、暗電流を出力するための画素を有するものがある。暗電流を出力する画素は、ブラックダミーなどと称され、一般には周囲の一列、或いは、最上段の一列の画素が遮光されて配置される。また、図示されていないが、有効画素の受光部1にのみ光を入射させる遮光膜や、CCD電極に高圧を印加させる駆動信号線なども配置される。

【0004】カラー信号を得るためには、カラーフィルタが各受光部上に配置される。図12は、カラーフィルタの配列の一例を示す配置図である。RGBは、それぞれ赤緑青のフィルタを示している。RGBのいづれかのフィルタが各受光部上に配置される。また、集光率を向上させるため各受光部上にマイクロレンズが配置される。図13は、従来の固体撮像素子の受光部断面図である。半導体基板31上に受光部32と、受光部32に開口部39を有する遮光膜37が配置される。各受光部32上にはRGBのいづれかのカラーフィルタ34がオンチップ状に配置される。また、集光率を向上させるためにマイクロレンズ36が平坦化膜35を介して受光部32の真上に配置される。

【0005】ところで、このような固体撮像素子において、シェーディングと称される現象により有効画素部での感度ばらつきが生ずることが知られている。シェーディングは、有効画素の中央部に比べて周辺部の入射光が斜めに入射することに起因する。斜めに入射すると、けられや光電変換効率の悪化が生ずる。従って、中央部の方が入射光量が多くなり、同じ入射光量でも中央の画素方が出力信号が大きくなる。よって、中央部の画素と周辺部の画素との感度のばらつきが生ずるのである。なお、ここでは、この感度のばらつき（または出力値の差）をシェーディング量と称する。このシェーディングは、画素数を増大させて有効画素部が大きくなるに従ってより顕著となる。

【0006】シェーディング量を低減するために、周辺部のマイクロレンズの位置を有効画素部中央方向にずらしたり、遮光膜の開口面積を周辺部に向かって大きくすることが提案されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記のシェーディング

(4)

特開2001-160973

5

対策は、ある程度の効果が認められるものの、まだ不十分であった。具体的には下記の通りである。第一に、上記のシェーディング対策は、色シェーディングについて考慮されておらず、色シェーディングが生じてしまうと言ふ問題が有った。色シェーディングとは、中央部と周辺部のRGBのカラーバランスのずれを言う。

【0008】第二に、上記シェーディング対策のように単にマイクロレンズの位置をずらすだけでは、シミュレーションの結果ほど効果が出なかった。また、遮光膜の開口面積を大きくすると、漏れ光も増大し、クロストークやスイッチトランジスタの誤動作等の問題が生じていた。このため、固体撮像素子は、見るシェーディング歪の低減が望まれている。本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、色シェーディングさえも低減する固体撮像素子または／及びシェーディング効果のより優れた固体撮像素子と、それを用いた電子カメラを提供する。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記第一の問題に関する原因が光の斜め入射による復色に起因することを突き止めた。以下、これを説明する。図14は、従来の固体撮像素子の有効画素周辺部の断面図である。(a)は説明を容易にするための概念図、(b)はカラーフィルタの膜厚制御をより均一にした場合の図である。遮光膜は省略してある。

【0010】受光部32がシリコン基板31上に配置され、マイクロレンズ36がシェーディングを低減するよう受光部32とは位置をずらして配置されている。マイクロレンズ36は、平坦化膜35の上に形成される。受光部32と受光部32の間には、CCD電極43が配置されている。CCD電極43を絶縁し、受光部32を保護するためにシリコン酸化膜44が配置される。

【0011】カラーフィルタ34は、層間絶縁膜33の上にスピンドルコート法によって各色毎に形成される。このように製造すれば、それぞれの色によってフィルタの膜厚が異なり段差が生ずる。一例を挙げると、厚い方のカラーフィルタ34-1が2.5ミクロンに対し、薄い方のカラーフィルタ34-2は1.2ミクロン程度となる。

【0012】色フィルタに段差が生ずると、符号45aの光のように隣接する画素の色フィルタも通過する光が生じてしまうのである。これが復色の原因である。復色はこのように光の斜め入射によって生ずるが、斜め入射の光成分は、有効画素の中央部に近づくにつれ少なくなる。従って、有効画素中央部と周辺部とでは、混色の程度が異なってしまい、それに伴い、カラーバランスも有効画素の中央部と周辺部とで異なるのである。

【0013】また、図(b)のように、例え理想的に膜厚の均一性を制御できたとしても、スピンドルコート法に従えば、後から形成されるフィルタは周囲が盛り上がって

6

形成される。このため、やはり復色の原因になってしまふ。そこで、請求項1に記載された固体撮像素子は、受光部と該受光部に対応するようにオンチップ状に配置されたカラーフィルタと有し光信号を出力する有効画素がマトリクス状に複数配置された有効画素部を設け、前記有効画素部の周辺部に配置された前記カラーフィルタは、前記受光部に対して前記有効画素部の中央方向にずれており、前記カラーフィルタと前記受光部とのずれ量は、前記有効画素部の中央から周辺に向かって連続的に又は階段状に増大することを特徴とする。この構成により、カラーフィルタが適切に受光部の位置に対してずれているので、斜め入射の光成分が有っても、復色が低減される。

【0014】請求項2に記載された発明は、請求項1に記載された固体撮像素子において、前記有効画素は、前記有効画素部の中央から周辺に向かって同心状に複数のブロックにグループ分けされ、前記カラーフィルタと前記受光部とのずれ量は、各々のブロック内で同一であり、且つ、中央から周辺に向かって、増大することを特徴とする。この構成により、復色が低減されるばかりでなく、カラーフィルタ形成用のレチカルを比較的安価なものを使用することが可能となり、製造コストも低減される。

【0015】請求項4に記載された固体撮像素子は、受光部と該受光部に対応するようにオンチップ状に配置されたカラーフィルタと有し光信号を出力する有効画素がマトリクス状に複数配置された有効画素部を設け、前記有効画素部の周辺部に配置された前記カラーフィルタは、前記受光部に対して中央方向にずれており、前記受光部及び前記カラーフィルタは、それぞれ一定のピッチで配置され、前記受光部のピッチは、前記カラーフィルタのピッチより大きいことを特徴とする。この構成により、カラーフィルタと受光部とのずれ量は有効画素部中央部から周辺部に向かって連続的に変化するので、得られる画像はより自然なものとなる。

【0016】また、これらの構成にマイクロレンズを配置させて、更に、このマイクロレンズの位置をシェーディングが低減されるように受光部に対してずらせば、感度がさらに向上する(請求項3、請求項5)。請求項6に記載された発明は、請求項3または請求項5のいずれかに記載された固体撮像素子において、前記カラーフィルタが前記受光部に対してずれている画素において当該画素に配置された前記受光部の中心位置と前記カラーフィルタの中心位置とのずれをSOCFとし、前記受光部の中心位置と前記マイクロレンズの中心位置とのずれをSmとし、前記受光部から前記マイクロレンズが設けられる膜までの全膜厚をd1とし、前記受光部から前記カラーフィルタまでの膜厚をd2として、 $0.7 \times (d_1/d_2) \leq S_m/S_{OCF} \leq 1.3 \times (d_1/d_2)$ を満足することを特徴とする。この式を満足すれば、受光部、カ

(5)

特開2001-160973

7

8

ラーフィルタ、マイクロレンズの位置関係が最適化される。

【0017】また、本発明者等は、上記第二の問題も光が斜めに入射することによる遮光膜のけられが起因することを突き止めた。以下、これを説明する。図15は、従来の固体撮像素子の有効画素周辺部の断面図である。なお、カラーフィルタは省略している。マイクロレンズ36がシェーディングを低減するように受光部32とは位置をずらして配置されている。図からも明らかなように、マイクロレンズ36を受光部32に対してずらしても、遮光膜に配置される開口部39は受光部32の真上に配置されたままなので、遮光膜37に遮断される斜め入射の光45bが生ずる。このためにシェーディング層をシミュレーション通りに低減することができなかつたのである。

【0018】そこで、請求項7に記載された固体撮像素子は、受光部と該受光部に対応するように開口部が設けられた遮光膜とを有し光信号を出力する有効画素がマトリクス状に複数配置された有効画素部を設け、前記有効画素部の周辺部に配置された前記開口部は、前記受光部に対して前記有効画素部の中央方向にずれており、前記開口部と前記受光部とのずれ層は、前記有効画素部の中央から周辺に向かって連続的に又は階段状に増大することを特徴とする。この構成により、遮光膜の開口部が適切に受光部の位置に対してずれているので、斜め入射の光成分が有っても、けられを生ずることなくシェーディング層が低減される。

【0019】請求項8に記載された発明は、請求項7に記載された固体撮像素子において、前記有効画素は、前記有効画素部の中央から周辺に向かって同心状に複数のプロックにグループ分けされ、前記開口部と前記受光部とのずれ層は、各々のプロック内で同一であり、且つ、中央から周辺に向かって、増大することを特徴とする。この構成により、シェーディング層が低減されるばかりでなく、遮光膜開口部形成用のレチクルを比較的安価なものを使用することが可能となり、製造コストも低減される。

【0020】請求項10に記載された固体撮像素子は、受光部と該受光部に対応するように開口部を設けられた遮光膜とを有し光信号を出力する有効画素がマトリクス状に複数配置された有効画素部を設け、前記有効画素部の周辺部に配置された前記開口部は、前記受光部に対して中央方向にずれており、前記受光部及び前記開口部は、それぞれ一定のピッチで配置され、前記受光部のピッチは、前記開口部のピッチより大きいことを特徴とする。この構成により、遮光膜の開口部と受光部とのずれ層は有効画素部中央部から周辺部に向かって連続的に変化するので、得られる画像はより自然なものとなる。

【0021】また、これらの構成にマイクロレンズを配置させて、更に、このマイクロレンズの位置をシェーデ

ィングが低減されるように受光部に対してずらせば、感度がさらに向上する（請求項9、請求項11）。請求項12に記載された発明は、請求項9または請求項11のいずれかに記載された固体撮像素子において、前記開口部が前記受光部に対してずれている画素において当該画素に配置された前記受光部の中心位置と前記開口部の中心位置とのずれをSOPNとし、前記受光部の中心位置と前記マイクロレンズの中心位置とのずれをSmとし、前記受光部から前記マイクロレンズが設けられる膜までの全膜厚をd1とし、前記受光部から前記開口部までの膜厚をd3として、 $0.7 \times (d1/d3) \leq Sm/SOPN \leq 1.3 \times (d1/d3)$ を満足することを特徴とする。この式を満足すれば、受光部、遮光膜の開口部、マイクロレンズの位置関係が最適化される。

【0022】請求項13に記載された発明は、請求項1から請求項3のいずれかに記載の固体撮像素子において、前記有効画素は、さらに前記受光部に対応するよう開口部が設けられた遮光膜を有し、前記有効画素部の周辺部に配置された前記開口部は、前記受光部に対して前記有効画素部の中央方向にずれており、前記開口部と前記受光部とのずれ層は、前記有効画素部の中央から周辺に向かって連続的に又は階段状に増大することを特徴とする。また、請求項14に記載された発明は、請求項4または請求項5のいずれかに記載の固体撮像素子において、前記有効画素は、さらに前記受光部に対応するよう開口部が設けられた遮光膜を有し、前記有効画素部の周辺部に配置された前記開口部は、前記受光部に対して前記有効画素部の中央方向にずれており、前記開口部は、前記受光部のピッチより小さく、前記カラーフィルタのピッチより大きい一定のピッチで配置されることを特徴とする。請求項13及び請求項14の発明は、遮光膜の開口部とカラーフィルタの位置をずれ層またはピッチによって受光部とずらしたものである。よって、カラーフィルタまたは遮光膜の開口部のいずれか一方をずらせた構成よりも好ましい。

【0023】請求項15に記載された電子カメラは、請求項14に記載された固体撮像素子と、絞りを有する光学系が少なくとも配置された電子カメラにおいて、前記受光部の中心位置と前記マイクロレンズの中心位置とのずれをSmとし、前記受光部の中心位置と前記カラーフィルタの中心位置とのずれをSOCFとし、前記受光部の中心位置と前記開口部の中心位置とのずれをSOPNとし、前記受光部から前記マイクロレンズが設けられる膜までの全膜厚をd1とし、前記受光部から前記カラーフィルタまでの膜厚をd2とし、前記受光部から前記開口部までの膜厚をd3とし、前記各膜厚は、 $SOPN < SOC F < Sm$ の関係を有し、前記マイクロレンズの下に配置される膜の屈折率をnとし、前記光学系の射出距離をlとし、前記固体撮像素子の当該画素における像高をpとして、 $0.7 \times d1 \times \tan\theta \leq Sm \leq 1.3 \times d1 \times \tan$

(6)

特開2001-160973

9

θ または0、 $7 \times d_2 \times \tan\theta \leq S_{OCF} \leq 1$ 、 $3 \times d_2 \times \tan\theta$ または0、 $7 \times d_3 \times \tan\theta \leq S_{OPN} \leq 1$ 、 $3 \times d_3 \times \tan\theta$ の少なくともいざれか一つの式を満足し、且つ、 $\sin\theta = p / [n \times (p^2 + 1)^{1/2}]$ を満足することを特徴とする電子カメラ。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、実施の形態について図面を参照して説明する。

(第一の実施形態) 本実施形態の固体撮像素子は、有効画素部の周辺に配置されたカラーフィルタを受光部に対して有効画素部の中央方向にずらす構成を有する。従って、色シェーディングが低減される。

【0025】図1は、本発明の第一の実施形態に係る固体撮像素子部分断面図である。なお、図面ではこの固体撮像素子は、受光部2のピッチをカラーフィルタ4のピッチより大きくすることによってカラーフィルタ4の中心位置を受光部2の中心位置からずらせたものである。即ち、受光部2は、ある一定のピッチでシリコン基板1上に配置される。その上に層間絶縁膜3を介してカラーフィルタ4がオンチップ状に配置される。カラーフィルタ4もある一定のピッチで配置されるが、受光部2のピッチより小さくしている。

【0026】ここで、有効画素部中央部の画素は、受光部2の中心位置と対応するカラーフィルタ4の中心位置が一致している。このようにすれば、中央から周辺の画素に向かうにつれて受光部2に対するカラーフィルタ4のずれ量が徐々に大きくなる。このため、斜め入射光による色シェーディングは低減される。また、カラーフィルタ4と受光部2とのずれ量は有効画素部中央部から周辺部に向かって連続的に変化するので、得られる画像は自然なものとなる。

【0027】なお、ここでは、マイクロレンズ6が平坦化膜5上に配置されている。そして、このマイクロレンズ6は、カラーフィルタ4に比べてより小さいピッチで配置される。このため、シェーディング量が更に低減されるばかりでなく、集光率が向上する。また、図において破線上のマイクロレンズ6、カラーフィルタ4、受光部2が一組になる。

【0028】ここでは、一辺10ミクロンの画素、有効画素部2 4 mm × 16 mm、受光部サイズ8ミクロン×4ミクロンで、有効画素端部におけるカラーフィルタのずれ量が長辺方向で3ミクロン、短辺方向で1ミクロンとなるように設計している。図2は、第一の実施形態の変形例に係る固体撮像素子であって、(a)は平面概念図、(b)は部分断面図である。なお、図1の固体撮像素子と同じ部分には同じ符号を用いる。図2(a)において、Aブロック、Bブロック、Cブロックは有効画素部を示し、Dブロックはオプチカルブロック部や周辺回路部を示す。

【0029】有効画素部は、中央部から周辺部に向かっ

10

て同心状にグループ分けされる。中央のAブロックにおいて、受光部2の中心位置は、その受光部2に対応するカラーフィルタ4の中心位置と一致している。一方、その他のブロックの画素ではカラーフィルタ4が受光部2に対して有効画素部の中央方向にずれている。そして、そのずれ量(SOCF)は、各ブロック内で一定であり、且つ、周辺部のブロックの方が大きい(BブロックよりもCブロックの方が大きい)。

【0030】このようにすれば、図1に示した固体撮像素子と同様に中央から周辺の画素に向かって受光部2に対するカラーフィルタ4のずれ量が段階的に増大する。このため、斜め入射光による色シェーディングは低減される。なお、ここでは、マイクロレンズ6が平坦化膜5上に配置されている。そして、このマイクロレンズ6は、カラーフィルタ4と同様にB、Cのブロックにおいて、受光部2に対して有効画素の中央方向にずれている。そして、そのずれ量(Sm)は、各ブロック内で一定且つSOCFより大きく、また、周辺部のブロックの方が大きくなっている。このため、シェーディング量が更に低減されるばかりでなく、集光率が向上する。

【0031】具体的なずらし量は、素子サイズ、各層の膜厚等によって最適量が異なるが(最適量に関する後述する)、本実施形態のサイズやすらし量を図3に示した。X方向、Y方向でずらし量が異なるのは、有効画素部のサイズがX方向とY方向とで異なるためである。ところで、固体撮像素子のように微細なパターンを有する半導体素子は、ステッパーと称される露光機を使用し、レチクル上のパターンを半導体基板上に転写することによって製造される。このレチクルは、石英ガラスなどの基板上にクロム等の金属膜がパターニングされている。従って、レチクル上の金属パターンが高い精度で必要な半導体素子ほど高価なレチクルが必要となる。カラーフィルタやマイクロレンズのピッチを受光部のピッチと異ならせた場合(図1の固体撮像素子の場合)、画素毎にSOCFやSmが極微量(0.01ミクロンのオーダー)に変化する。従って、カラーフィルタと受光部とのずれ量は有効画素部中央部から周辺部に向かって連続的に変化するので得られる画像は自然なものとなるが、高価なレチクルを必要とする。

【0032】一方、図2で示した固体撮像素子のようにブロック毎にずらし量を変化させるなら、レチクル上のパターン精度は、比較的ラフで良い。従って、安価なレチクルを使用でき、製造コストは低減される。いずれの場合においても、本実施形態の固体撮像素子によれば色シェーディングを低減することが可能となる。固体撮像素子を使用する目的や設計・開発の自由度等によって、いざれかの構成を選択すればよい。

(第二の実施形態) 本実施形態の固体撮像素子は、有効画素部の周辺部では追光膜の開口部が受光部に対して有効画素の中央方向にずれている。この構成により、シ

(7)

特開2001-160973

11

ーディング量が、より低下される。

【0033】図4は、本発明の第二の実施形態に係る固体撮像素子部分断面図である。この固体撮像素子は、受光部2のピッチを遮光膜7の開口部9（以後、単に開口部と称す）のピッチより大きくすることによって開口部9の中心位置を受光部2の中心位置からずらせたものである。即ち、受光部2は、ある一定のピッチでシリコン基板1上に配置される。その上に層間絶縁膜8を介して開口部9を有する遮光膜7が配置される。開口部9もある一定のピッチで配置されるが、受光部2のピッチより小さくしている。

【0034】ここで、有効画素部中央部の画素は、受光部2の中心位置と対応する開口部9の中心位置が一致している。このようにすれば、中央から周辺の画素に向かうにつれて受光部2に対する開口部9のずれ量が徐々に大きくなる。このため、斜め入射光によるシェーディング量はさらに低減される。また、開口部9と受光部2とのずれ量は有効画素部中央部から周辺部に向かって連続的に変化するので、得られる画像は自然なものとなる。

【0035】なお、ここでは、マイクロレンズ6が層間絶縁膜8上に配置されている。そして、このマイクロレンズ6は、開口部9に比べてより小さいピッチで配置される。このため、シェーディング量が更に低減されるばかりでなく、集光率が向上する。また、図において破線上のマイクロレンズ6、開口部9、受光部2が一組になる。

【0036】また、ここでは、受光部2と開口部9のピッチを変えることによってシェーディング量を低減させた。しかし、これに限らず、第一の実施形態変形例に示したように有効画素部をブロックに分けて、開口部9を受光部2に対して有効画素部の中央方向にずらし、そのずれ量（SOPN）をブロックごとに一定とし、且つ、周辺部のブロックのずれ量を大きくしても良い。このようにすれば、遮光膜の開口部パターンを使用するレチクルを安価なレチクルにすることができる、製造コストは低減される。

（第三の実施形態）図5は、本発明の第三の実施形態に係る固体撮像素子部分断面図である。なお、本固体撮像素子の平面概念図は、図2(a)と同様であり、有効画素部がAブロック、Bブロック、Cブロックにグループ分けされている（Dブロックはオプチカルブラック部や周辺回路部）。各画素は、シリコン基板1上に受光部2を配置して、その受光部2に対応するように遮光膜7の開口部9、カラーフィルタ4、マイクロレンズ6が配置される。

【0037】中央のAブロックにおいて、受光部2の中心位置は、その受光部2に対応する開口部9、カラーフィルタ4及びマイクロレンズ6の中心位置と一致している。一方、その他のブロックの画素では、開口部9、カラーフィルタ4、マイクロレンズ6がそれぞれ受光部2

12

に対して有効画素部の中央方向にずれている。そのずれ量（順にSOPN、SOCF、Sm）は、各ブロックで一定であり、且つ、周辺部のブロックの方が大きい。また、各々のずれ量は、SOPN≤SOCF≤Smの関係がある。

【0038】このようにすれば、中央から周辺の画素に向かって受光部2に対する開口部9、カラーフィルタ4、マイクロレンズ6のずれ量が段階的に増大する。このため、斜め入射光による色シェーディング及びシェーディング量は低減される。

16 (適正ずれ量) ここで、図面を参照して開口部、カラーフィルタ、マイクロレンズの受光部に対する適正ずれ量を説明する。図6は、受光部とマイクロレンズの間隔を変化させたときの、受光部とマイクロレンズのずれ量（Sm）と画素信号出力との関係を示す測定グラフである。横軸は受光部に対するマイクロレンズのずれ量であり、縦軸は出力電圧である。なね、ここでは遮光膜の開口部及びカラーフィルタの位置は一定とし、マイクロレンズのずれ量及びマイクロレンズ直下に配置される平坦化膜の膜厚を変化（言い換えれば、受光部とマイクロレンズとの距離）させている。

20 【0039】平坦化膜の膜厚は、11、12、13の順に増大させた。この図から明かなように、受光部に対するマイクロレンズのずれ量は、適正な値（又は範囲）が存在し、その適正ずれ量は、マイクロレンズと受光部との距離が増大するほど、大きくなることが判明した。図6は、マイクロレンズのずれ量に関するデータである。しかし、遮光膜の開口部やカラーフィルタも同様に適正なずれ量が存在するはずである。そこで上記の結果に基づき、幾つかの仮定を取り入れて適正なずれ量を導いた。

24 【0040】図7は、適正なずれ量を算出するのに必要なパラメータを説明する概念図であり、(a)は本発明の固体撮像素子の画素断面図、(b)はその素子を搭載した本発明のカメラ、(c)はマイクロレンズ近傍の拡大図である。図7(a)に示したように、受光部2に対する開口部9、カラーフィルタ4、マイクロレンズ6のずれ量をそれぞれSOPN、SOCF、Smとする。また、受光部2から開口部9、カラーフィルタ4、マイクロレンズ6までの距離をそれぞれd3、d2、d1とする。

28 【0041】また、図7(b)に示したように本発明のカメラ14は、上記した固体撮像素子15を搭載し、レンズ17と絞り18が設置された光学系16を有する。なお、図では2枚組のレンズ17-1、17-2を有する光学系を示したが、これに限るものではない。光は、この光学系16を通して固体撮像素子15に入射する。有効画素部中央部に入射した光19は、ほぼ垂直に入射する。一方、周辺部の画素に入射した光20は、直角以外の入射角もって入射する。ここで、pは有効画素部の中央部から適正なずれ量を算出する画素までの

(8)

特開2001-160973

13

距離（一般に像高と称されている）。1は固体撮像素子15の受光面から絞り18までの距離（一般に射出距離と称されている）である。

【0042】幾つかの近似によって、適正なずらし値を求める。先ず第一に、各マイクロレンズの中心位置に入射する光（19a、20a：簡略化のため、以下θ0光と称する）を基準として、ずらし値の適正値を算出する。図7（b）から明かであるが、カメラの光学系を通過した光は、実際には像高pの位置においてマイクロレンズの中心に入射する光を中心としてその周囲にある程度広がりをもっている。従って、広がりの有る光がマイクロレンズに入射し、受光部に向けて出射する。よって、個々の撮影条件、例えばカメラレンズ系のF値に依存したある拡がりを持った光束の、マイクロレンズによる収束条件をシミュレーションすることにより、マイクロレンズや色フィルターや遮光膜開口部の最適なずらし値の正確な計算が可能となる。

【0043】しかし、ここでは、θ0光を基準として用いる。このようにすれば、カメラレンズ系を考慮して、簡便にマイクロレンズや色フィルターや遮光膜開口部の最適なずらし値を算出可能となる。第二に、受光部までに到達するまでの距離は、マイクロレンズ直下の膜の屈折率nと同じ屈折率を有すると近似する。そして、入射角θ0及び出射角θは、図7（c）に示した通り、θ0光が固体撮像素子15に到達して最初に屈折した角度で定める。実際には、平坦化膜、カラーフィルター、絶縁膜、酸化膜等、複数の層で構成され、正確にはそれぞれ屈折率が異なり、それぞれの膜で屈折する。しかし、屈折率の差は一般には僅かであるので上記のように近似する。この近似に従えば、入射角θ0、出射角θ、屈折率nの関係はスネルの法則に次式の通りとなる。

【0044】 $\sin\theta = \sin\theta_0/n \quad \dots (1)$

第三に、カメラレンズ系から撮像素子への入射光はマイクロレンズに最初に入射するが、ここでは、θ0光はマイクロレンズが有るが無かろうが、同じ光路でもって*

$$0.7 \times d_1 \times \tan\theta \leq S_m \leq 1.3 \times d_1 \times \tan\theta \quad \dots (6)$$

$$0.7 \times d_2 \times \tan\theta \leq S_{OCF} \leq 1.3 \times d_2 \times \tan\theta \quad \dots (7)$$

$$0.7 \times d_3 \times \tan\theta \leq S_{OPN} \leq 1.3 \times d_3 \times \tan\theta \quad \dots (8)$$

S_m 、 S_{OCF} 、 S_{OPN} のすべてを上式の範囲に設置しても、即ち、マイクロレンズ、カラーフィルタ、開口部のいずれかのずらし値を上式の範囲に設置しても、シーディング値の低減に効果がある。

【0049】なほ、図2に示した本発明の固体撮像素子のようにプロック毎にずらし値を変化させるなら、各プロックのずらし値の平均値が上式の適正値の範囲に入れればよい。また、式(3)と式(4)よりずらし値 S_m と S_{OCF} の最適な比が d_1 と d_2 の比で求まり、式(3)と*

$$0.7 \times (d_1/d_2) \leq S_m/S_{OCF} \leq 1.3 \times (d_1/d_2) \quad \dots (11)$$

$$0.7 \times (d_1/d_3) \leq S_m/S_{OPN} \leq 1.3 \times (d_1/d_3) \quad \dots (12)$$

14

*受光部まで到達するものとする。従って、ここで算出される適正なずらし値は、マイクロレンズが配置されていない固体撮像素子にも適用可能となる。

【0045】また、実際には出射角θは、測定が困難である。そこで、入射角θ0を像高p、射出距離lを用いて次式のように定義する。この式は、幾何学的な考察によって導かれた近似式である。

$$\sin\theta_0 = p / (p^2 + l^2)^{1/2} \quad \dots (2)$$

(1) (2) 式より、出射角は、 $\sin\theta = p / [l \times (p^2 + l^2)^{1/2}]$ で近似され、ここでは出射角をこの式で定義する。

【0046】上述した近似により、受光部に対するマイクロレンズ、カラーフィルタ、開口部のずらし値 S_m 、 S_{OCF} 、 S_{OPN} の最適値は、受光部からの距離と出射角θの関数として次の式で算出される。

$$S_m = d_1 \times \tan\theta \quad \dots (3)$$

$$S_{OCF} = d_2 \times \tan\theta \quad \dots (4)$$

$$S_{OPN} = d_3 \times \tan\theta \quad \dots (5)$$

すべての要素で S_m 、 S_{OCF} 、 S_{OPN} のすべてを上記の式で算出される最適値にすらすのが最も好ましい。しかし、 S_m 、 S_{OCF} 、 S_{OPN} のすべてを上式の値に設置しなくとも、即ち、マイクロレンズ、カラーフィルタ、開口部のいずれかのずらし値を上式で算出される値に設置しても、シーディング値の低減に効果がある。

【0047】また、これらの式は近似で求めたものである。更に、固体撮像素子の誤造上の精度により、

(3)、(4)、(5)の式で導かれる値に正確に製造されるとは限らない。従って、適正なずらし値は、上式での最適値にある程度の幅をもたせるのが好ましい。実験に基づき、ここでは、±30%の幅を持たせる。よって、適正なずらし値は、以下の(6)、(7)、(8)の式で算出される。ただし、 $S_{OCF} < S_{OPN} < S_m$ の関係を満たす範囲である。

【0048】

※式(5)よりずらし値 S_m と S_{OPN} の最適な比が d_1 と d_3 の比で求まる。それらを算出する式を(9)、(10)で示す。

【0050】

$$S_m/S_{OCF} = d_1/d_2 \quad \dots (9)$$

$$S_m/S_{OPN} = d_1/d_3 \quad \dots (10)$$

さらに、±30%の幅を持たせると、適正な比の範囲は、以下の(11)、(12)の式で算出される。

(9)

特開2001-160973

15

16

)
この場合においても固体撮像素子が式(11) (12)の両方の比を満たさなくとも、少なくとも一方の式の比を満たせば、シェーディング歪の低減に効果がある。また、図2に示した本発明の固体撮像素子のようにブロック毎にずらし量を変化させるなら、各ブロックのずらし量の平均値が上式の適正値の範囲に入ればよい。

【0051】図8は、有効画素部の中央部と周辺部のそれぞれの画素での集光の様子をシミュレーションした画素断面図である。上段はカメラの光学系がF1.4、下段はF11である。(a) (e)は周辺部の画素において上記の式(6) (8)で求めた最適歪にてマイクロレンズ及び開口部をずらした画素である。(b) (f)は、同じくマイクロレンズのみ最適歪にてずらした画素。

(c) (g)はどちらももずらさない比較例、(d) (h)は中央の画素である。

【0052】画素サイズは10μm正方形素、マイクロレンズの厚さは2.5μm、遮光膜の開口部及び受光部のサイズは水平方向8μm、垂直方向4μmである。また、d1, d2, d3(図7参照)は、それぞれ7μm, 5, 5μm, 2, 5μmである。周辺部の画素でのマイクロレンズの撮像面中心方向へのずらし量は水平方向で0.8μm、垂直方向で0.6μmである。周辺部の画素での遮光膜の開口部の撮像面中心方向へのずらし量は水平方向で0.4μm、垂直方向で0.3μmである。

【0053】マイクロレンズを受光部に対してずらすと、受光部中心位置に光が集光されるので、シェーディング歪の低減に効果がある(図8 (b) (f))。しかし、遮光膜にけられる光成分が存在することが分かる。遮光膜を更にずらすと、良好に受光され、更にシェーディング歪が低減される(図8 (a) (e))。即ち、このシミュレーションからも、周辺部の画素では、マイクロレンズの位置をずらすと同時にそのずらし量に対して適正に遮光膜の開口部をずらすことにより、斜めに入射した光が遮光膜の開口部の中心を通過し、効率よく受光部に集光されることが分かる。

【0054】図9は、カメラ光学系のF値と集光率の関係を示すグラフである。点線21は有効画素中央部の画素(図8 (d) (h))、実線22は周辺部の画素でマイクロレンズ及び開口部をそれぞれ適正な位置にずらした画素(図(a) (e))。実線23は周辺部の画素でマイクロレンズのみ適切な位置にずらした画素。実線24は周辺部の画素でマイクロレンズも開口部ももずらさない画素の集光率とF値の関係を示す。

【0055】このグラフからも分かるように、マイクロレンズのみの位置ずらしによってもシェーディングは改善されるが、遮光膜の開口部も共に適切な位置にずらすことにより、更に、シェーディング歪が低減される。なお、ここでは、一例としてマイクロレンズ及び遮光膜の開口部を受光部に対してずらした構成にて説明した。し

かし、カラーフィルタをずらした構成も同様なシミュレーション結果が得られている。この構成によれば、色シェーディングが低減される。

(第四の実施形態)図10は、第四の実施形態に係る本発明の電子カメラの各パラメータを示す表である。本実施形態に搭載する固体撮像素子は、第一の実施形態に記載したように受光部のピッチとマイクロレンズ、カラーフィルタ、開口部の各々のピッチとを変化させたものである。

【0056】受光部のピッチは、要求される分解能とサイズより定められた画素数より一義的に設定される。例えば、有効画素X方向の寸法が24mm、画素数が10000個であるなら、24mmピッチとなる。本実施形態において、マイクロレンズ、カラーフィルタ、開口部の各ピッチは、式(3) (4) (5)によって有効画素の最も外側のずらし量を求める、このずらし量からピッチを算出する。

【0057】ところで、式(3) (4) (5)による最適ずらし量は、有効画素中央部から周辺部に向かってリニアに変化するとは限らない。このため、本実施形態の構成だと、最も外側の画素以外では適正なずらし量から外れる可能性がある。図10には、式(3) (4) (5)で算出される最適ずらし量と、上記のピッチで生ずる実際のずらし量も併記した。なお、実際のずらし量は下記の式より求めたものである。

【0058】 $S = (\text{最も外側画素の} S) \times [p / (\text{最も外側画素の} p)]$

図10より、両者の場合の位置ずらし量はほぼ一致していることが分かる。ただし、この場合、p最大=15mmとして計算している。これは、像高が小さくなるにつれて、固体撮像素子内に入射した光線の傾きθが小さくなり、 $\sin\theta \approx \tan\theta \approx p / l$ なる近似が成り立つことに起因する。

【0059】勿論、上記の実施形態において、有効画素部の周辺部の画素の遮光膜の開口面積を、有効画素部の中央部の画素の遮光膜の開口面積よりも大きくしてシェーディング歪をさらに抑える構成も本発明に含まれる。

【0060】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり本発明によれば、有効画素部の周辺部に配置されたカラーフィルタを有効画素部の中央方向にずらしたので、光がカラーフィルタ境界部を通過しない。このため、混色が防止され色シェーディングは低減する。また、カラーフィルタ中央部を光が通過するので、カラーフィルタの膜厚が比較的均一で且つ安定している部分を通過する。このため、画素間の感度ばらつき等を低減する効果もある。

【0061】また、有効画素部の周辺部に配置された遮光膜の開口部を有効画素部の中央方向にずらしたので、シェーディング歪を低減される。さらに、マイクロレン

50

(10)

特開2001-160973

17

18

ズを同様にずらせば、シェーディング防止に効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施形態に係る固体撮像素子部分断面図である。

【図2】第一の実施形態の変形例に係る固体撮像素子であって、(a)は平面概念図、(b)は部分断面図である。

【図3】第一の実施形態の変形例の本実施形態におけるサイズ、ずらし量を示す表である。

【図4】本発明の第二の実施形態に係る固体撮像素子部分断面図である。

【図5】本発明の第三の実施形態に係る固体撮像素子部分断面図である。

【図6】受光部とマイクロレンズの間隔を変化させたときの、受光部とマイクロレンズのずらし置(Sm)と画素信号出力との関係を示す測定グラフである。

【図7】適正なずらし置を算出するのに必要なバラメータを説明する概念図であり、(a)は本発明の固体撮像素子の画素断面図、(b)はその素子を搭載した本発明のカメラ、(c)はマイクロレンズ近傍の拡大図である。

【図8】有効画素部の中央部と周辺部のそれぞれの画素での集光の様子をシミュレーションした画素断面図である。

【図9】カメラ光学系のF値と集光率の関係を示すグラフである。

【図10】第四の実施形態に係る本発明の電子カメラの各パラメータを示す表である。

【図11】従来のCCD型固体撮像素子の平面図である。

*る。

【図12】カラーフィルタの配列の一例を示す配画図である。

【図13】従来の固体撮像素子の受光部断面図である。

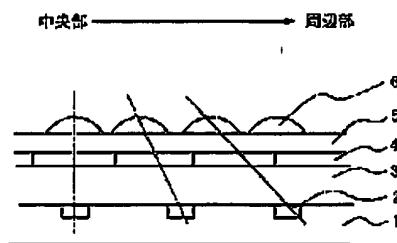
【図14】従来の固体撮像素子の有効画素周辺部の断面図であり、(a)は説明を容易にするための概念図、(b)はカラーフィルタの膜厚制御をより均一にした場合の図である。

【図15】従来の固体撮像素子の有効画素周辺部の断面図である。

【符号の説明】

1. 31 ... シリコン基板
2. 32 ... 受光部
3. 33 ... 層間絶縁膜
4. 34 ... カラーフィルタ
5. 35 ... 平坦化膜
6. 36 ... マイクロレンズ
7. 37 ... 遠光膜
9. 39 ... 遠光膜の開口部
20. 40 ... CCD電極
- 14 ... 等子カメラ
- 15 ... 固体撮像素子
- 16 ... カメラ光学系
- 17 ... レンズ
- 18 ... 紋り
19. 20, 45 ... 入射光
- 40 ... 垂直CCD
- 41 ... 水平CCD
- 42 ... 出力アンプ

【図1】



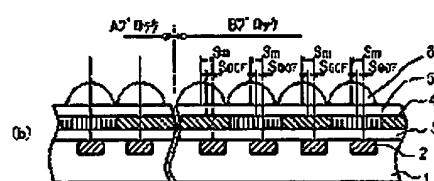
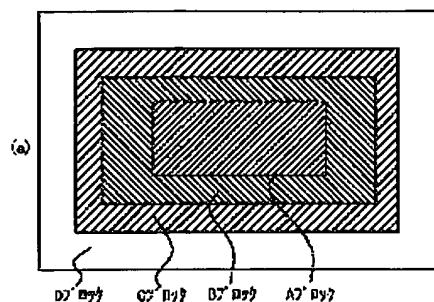
【図3】

ブロック	サイズ (mm)	カラーフィルタ ずらし量 (μm)	マイクロレンズ ずらし量 (μm)
A	X	8	0
	Y	6	0
B	X	18	0.4
	Y	10	0.3
C	X	24	0.8
	Y	16	0.6

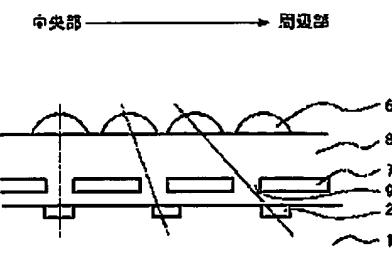
(11)

特開2001-160973

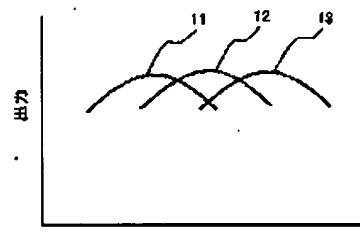
【図2】



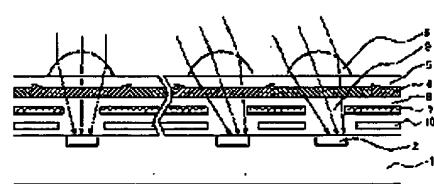
【図4】



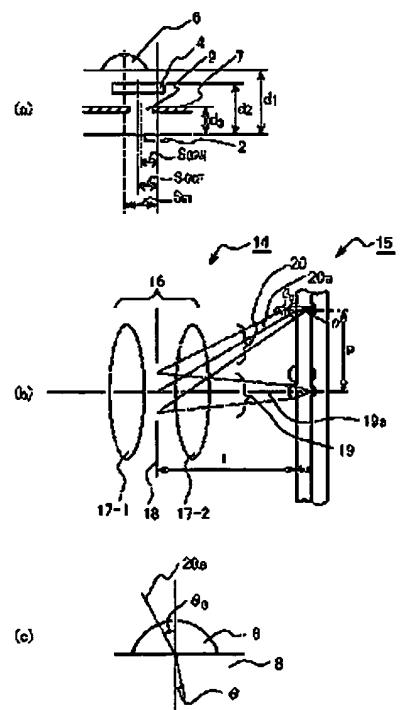
【図6】



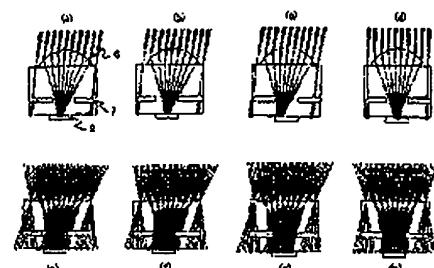
【図5】



【図7】



【図8】

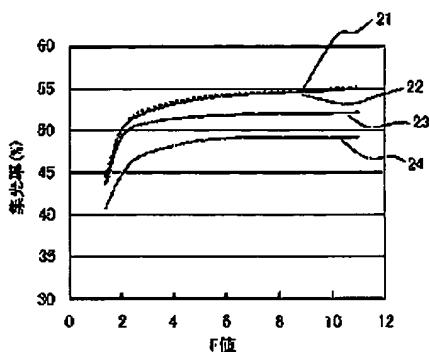


BEST AVAILABLE COPY

(12)

特開2001-160973

【図9】



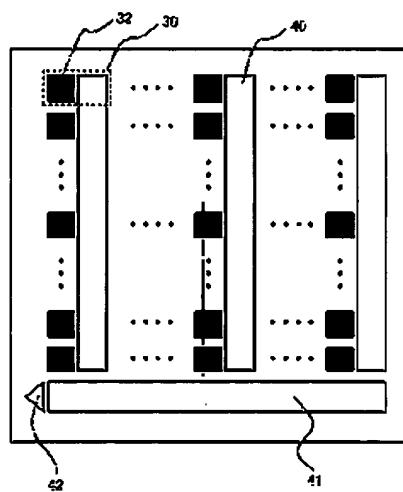
【図12】

G	R	G	R
B	G	B	G
G	R	G	R
B	G	B	G

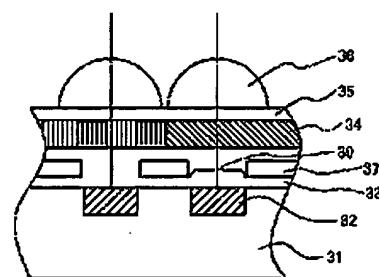
【図10】

射出波 距離 L(μm)	波高 D(μm)	d1 (μm)	d2 (μm)	d3 (μm)	式(1)による S(μm)	本実施形態 式(4)による S(μm)	式(1)による S(μm)	本実施形態 式(4)による S(μm)
88	15	7	1.5	4.5	0.0483	0.0483	0.0678	0.0303
60	7.6	7	1.5	4.5	0.0891	0.0847	0.0135	0.0237
20	3.15	7	1.5	4.5	0.1099	0.2129	0.1571	0.1423
60	1.88	7	1.5	4.5	0.1	0.1022	0.0788	0.0584
60	0.94	7	1.5	4.5	0.05	0.0631	0.0693	0.0417

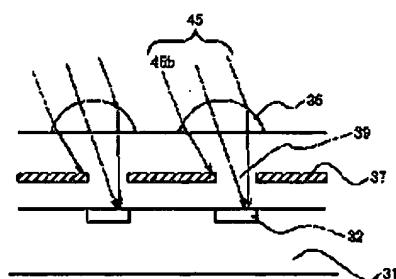
【図11】



【図13】



【図15】

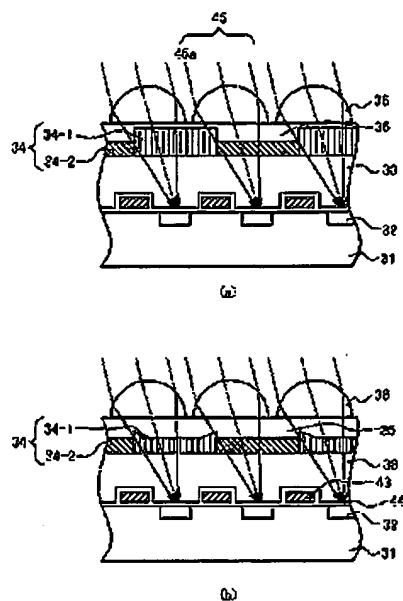


BEST AVAILABLE COPY

(13)

特開2001-160973

【図14】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4A18 AA05 AA06 AB01 BA10 BA14
 CA02 CA26 CA27 CA40 FA06
 GB02 GB09 GC08 GD04
 SC022 AA13 AB51 AC42 AC54 AC55
 SC024 AA01 BA01 CA14 CA31 CA33
 EA04 EA08 FA01 GA11 GA31
 SC055 AA01 AA03 BB06 CC01 DD01
 DD02 EE06 EE11

BEST AVAILABLE COPY